

素掘池を利用したクルマエビ親養成における成長と生残

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2025-04-24
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 崎山, 一孝, 宮島, 義和, 足立, 純一
	メールアドレス:
URL	所属:
	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014534

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



素掘池を利用したクルマエビ親養成における成長と生残

崎山 一孝^{*1}・宮島 義和^{*1,2}・足立 純一^{*1}

Growth and Survival of Kuruma Prawn, *Penaeus japonicus*: Broodstock Management in an Earthen Pond

Kazutaka SAKIYAMA, Yoshikazu MIYAJIMA, and Junichi ADACHI

During 1993 to 1999, six experiments studying the growth and survival of kuruma prawn in an earthen pond were carried out in order to develop large-scale and stable rearing techniques for mature broodstock to be used for purposes of seed production. Only the feeding of artificial formula diet was necessary for rearing. Juveniles of body length 20–30 mm and 30–40 mm were released into the pond in May and July, respectively. Although no growth was observed during the winter, individuals did reach over 150 mm after one year and were considered to be mature. Survival rates were low (7.7–27.4%) and some predation by herons did occur, but low water temperature ($<10^{\circ}\text{C}$) was the main cause of mortality.

2002年8月5日受理

現在、クルマエビの種苗生産には、ほとんどが天然海域で漁獲された親エビが用いられている¹⁾。しかし、産卵可能な成熟個体の割合は著しく低く、また、完熟状態にあると判断された個体でも産卵率は50%程度と低い^{2,3)}。さらに、近年は夏期に天然で漁獲されたエビの90%以上が、クルマエビ類の急性ウイルス血症 (penaeid acute viremia; PAV) の原因ウイルスである PRDV (penaeid rod-shaped DNA virus) に感染している例⁴⁾もあり、種苗生産に使用可能な親エビの確保がさらに難しくなっている。このため、親エビを安定的に確保するには、人工養成した親エビの利用も有効な方法であり、そのためには稚エビから親エビまでの一貫した養成と、親エビを成熟させる技術の開発が急務である。

日本栽培漁業協会百島事業場では、1979年から瀬戸内海の塩田跡を改造した素掘池を用いて、親エビの量的および安定的確保を目的としたクルマエビの親養成技術の開発を行ってきた。その結果、成熟した親エビの養成と採卵に成功し、得られた卵からの種苗生産が可能となった⁵⁾。本報では、クルマエビの親養成技術開発試験の一環として、1993～1999年に行った6例の養成試験から素掘池での成長と生残、および飼育基準について報告する。

材料と方法

養成施設 試験に用いた養成池を図1に示した。池の底面積は、1号池は約11,000 m² (1997年に整備し、現在は5,000 m²)、2号池と3号池は約7,500 m²であり、各池とも最大水深は約2 mで底質は砂泥である。

養成池の換水は以下の方法で行った。まず、満潮時に外海水を調整池に取り入れ、調整池からは注水口側のゲート弁の開閉により注水した。排水は引き潮を利用し、排水口側のゲート弁の開閉により排水量を調整した。この方法での1日の換水率は、養成池水位の変化量から推定して40～60%であった。

注水口にはクルマエビの成長に合わせて0.8～5.3 mm目合の仕切網を設置し、大型魚介類等の食害生物の侵入を防止した。池内には攪水機 (桜川ポンプ製) 2基を設置し、海水の攪拌と酸素の供給を行った。

供試稚エビ 1993～1999年に行った6例の養成試験の概要を表1に示した。1993年に試験を開始した群を93年群とし、以下同様に94～97年群、および99年群と称した。稚エビの由来は、93年群と94年群は愛媛県伯方町の民間養殖場で天然親エビを用いて種苗生産されたものの、95～97年群は百島事業場で養成した1歳エビを親エ

^{*1} (社)日本栽培漁業協会百島事業場 〒722-0061 広島県尾道市百島町1760 (Japan Sea-Farming Association, Momoshima Station, Onomichi, Hiroshima, 722-0061 Japan).

^{*2} 現住所: (株)中央ファーム 〒444-3442 愛知県額田郡額田町1-1.

ビとして当场で種苗生産したものである。また、99年群は大部分鶴見産の天然親エビを用いて日本栽培漁業協会上浦事業場で種苗生産したものである。

稚エビの輸送には1klと0.5klのポリエチレン製水槽を用い、酸素とブローアによる通気を行った。輸送した稚エビは輸送タンクから直接当场の養成池へ収容した。収容時の大きさは平均体長20.7mm(93年群)～40.2mm(99年群)、収容尾数は2.3万尾(99年群)～6.0万尾(94年群)であった。

養成期間 稚エビの収容は、93～95年群では5月に行い、1歳まで養成した。96年群と99年群は7月に収容し、2歳まで養成した。97年群は8月末に収容し、1歳まで養成した。97年群は96年群の1歳エビと混養した。なお、稚エビ収容時の水温は、93～95年群では18～20℃、96年群と99年群では25～29℃、および97年群では29℃であった。

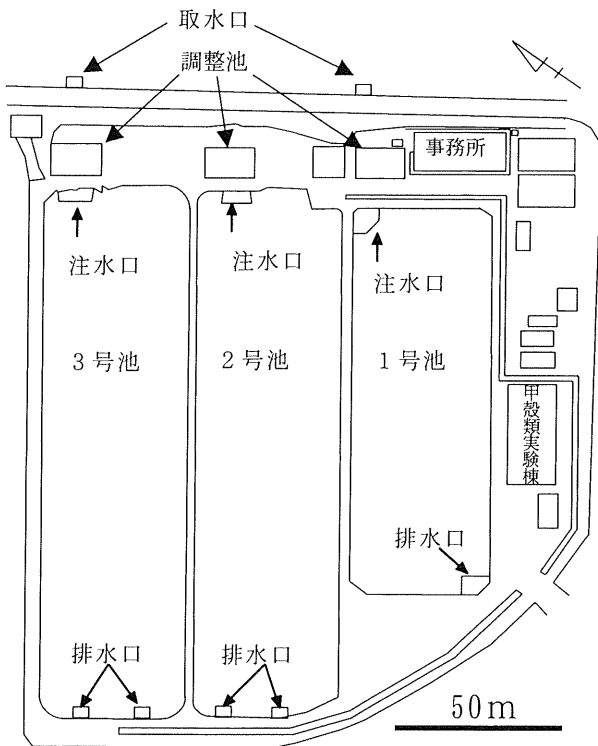


図1. 百島事業場のクルマエビ養成池

給餌方法 93～97年群の餌料には冷凍イカとアミの細片(約5mm幅)、および市販配合飼料(ヒガシマル製または協和発酵製)を用いた。生餌には、栄養強化剤(成エビ・ビタミン強化特A、ヒガシマル製)を規定量添加した。99年群は配合飼料のみを与えた。各年とも給餌は1日に1回夕方に行い、給餌量は前日の残餌の状況をもとに適宜増減した。なお、水温が15℃以下になる12月末～翌年3月末までは摂餌が見られないため給餌しなかった。

環境調査 養成池の環境調査として、毎日9時頃に池内の注水口表層の水温、pH、塩分濃度、および溶存酸素量(以下、DO)を測定した。測定には東亜電波社のpHメーター、伝導率計およびDOメーターを用いた。

成長測定 成長の調査のため、カゴ網による捕獲を月に1～2回行い、体長、頭胸甲長、および体重を測定した。また肥満度は体重(g)/体長(mm)³×10⁶より求めた。低水温のため、カゴ網で捕獲できない1～3月は測定しなかった。

なお、年齢の区分として、養成を開始した年の12月31日までを0歳、翌年1月1日から1歳、翌々年1月1日から2歳とした。

取り揚げと生残尾数の推定 全個体の取り揚げによる計数は、93～96年群では1歳の8月に、99年群では2歳の5月に行った。取り揚げ方法は、まずカゴ網で約1カ月間の捕獲を続けた後、池内の海水を排水して残りの個体を電気ショック(小型発電機HITACHI, E23を使用)法により取り揚げた。なお、成熟と産卵試験に供するための捕獲を不定期に行ったため、生残率は養成期間中の瞬間死亡係数を一定と仮定して算出した。また、97年群は96年群(1歳)と混養したため、両者の区別が困難であったため生残率は推定できなかった。

養成期間中の生残尾数の推定として、99年群では潜水によるコドラート法により1,2歳エビの計数を行った。調査は2000年6月～2001年5月に毎月1回行い、養成池内に設けた24カ所の定点から1m枠内の平均尾数と養成池の面積(7,500m²)により推定した。0歳エビは潜水による確認ができないため、尾数の推定は行わなかった。

表1. クルマエビ親養成試験の概要

試験群	親の履歴	養成池	収容時				取揚げ時						総給餌量	
			年月日	尾数 (尾)	平均 体長 (mm)	平均 体重 (g)	年月日	養成 期間 (日)	尾数 (尾)	生残率 (%)	平均 体長 (mm)	平均 体重 (g)	生餌 (kg)	配合 飼料 (kg)
93 年群	天然	1 号池	1993.5. 1	40,000	20.7	0.11	1994.12. 9	587	5,000	27.4	180.1	72.0	5,413	7,186
94 年群	天然	2 号池	1994.5. 7	60,000	25.0	0.18	1995.10. 5	462	7,600	7.7	170.7	63.0	8,450	5,544
95 年群	天然	3 号池	1995.5.12	53,000	27.6	0.17	1996. 9. 1	478	2,500	12.2	176.2	68.3	9,345	6,011
96 年群	人工	2 号池	1996.7.22	39,000	30.6	0.30	1997. 8.11	385	5,500	25.0	177.6	76.0	2,795	3,543
97 年群	人工	3 号池	1997.8.29	25,000	36.0	0.18	1998. 8.21	357	*1	*1	*1	*1	*1	*1
99 年群	天然	3 号池	1999.7. 2	23,000	40.2	0.66	2001. 5.10	678	1,700	15.3	175.2	66.7	0	2,595

*1: 97年群は96年群(1歳)と混養したため、給餌量、生残尾数、および取揚げ時の大きさは不明である。

結 果

飼育環境 99年群の養成期間中における水温、pH、および塩分濃度の変化を図2に示した。

1年間の水温の変動傾向は、7～8月の水温が最も高く30℃に達し、1～2月が最も低く10℃以下となった。この傾向は他の年でも同様であった。しかし、養成池の換水は潮の干満差を利用していることから止水時間が長く、外気温の影響を受け易い。そのため93年は7～8月の平均水温が28℃以下に、逆に94年は30℃以上の高水温期が約2カ月間続いた。また、97年は4～5月に水温が急激に上昇するなど、年によって季節的な変動傾向に差が認められた。

pHは7～9、塩分濃度は30～35 psuの間にあり、両者とも顕著な季節変動は認められなかった。また、DOは2～8 mg/lの範囲にあり、夏期は低く冬期に高い傾向が認められた。

成 長 生餌と配合飼料を併用した93年群と、配合飼料単独で養成した99年群の成長を図3に示した。これを見ると、両群とも0歳での成長が速く、12月時点の体

長は93年群で雌152 mm、雄137 mm、および99年群では雌152 mm、雄139 mmとほとんど同様の成長を示した。0歳の12月までの月間当たりの平均成長速度は93年群で14.2 mm、99年群で20.2 mmと、99年群でより速い成長が認められた。しかし、冬期間は成長が停滞し、両群とも1歳の5月には雌の平均体長は153 mm、雄は140 mmであった。他の群でも同様の傾向が認められ、1歳の5月の雌の体長は94～96年群では150～160 mm、97年群では135 mmであった。

1歳の5月～12月の成長速度は、93年群では4.4 mm/月、99年群では3.9 mm/月であった。また、99年群の2歳の成長速度は1.4 mm/月と、年齢が増すごとに成長速度は低下した。両群とも、雄は雌に比べ成長が遅く、1歳の雄の体長は雌の90～95%、体重は70～80%であった。

99年群のクルマエビから相対成長を求めた。体長と頭胸甲長の関係は直線式で、体長と体重の関係は相対成長式で示された(図4)。また、肥満度は10～15の間で変動し、養成1年目までの雌の平均肥満度は12.7、雄は12.2であり、雌雄による有意差(t 検定, $p > 0.05$)は認められなかった。

図3に示した99年群の0歳の成長を基に、非線形の最小二乗法により von Bertalanffy の成長式に近似させた(表2)。なお、同様の近似式を他の群についても求めて表中に示した。これから成長量を比較すると、成長係数は稚エビの収容時期により異なり、5月に収容した93～95群では0.008～0.011、7月に収容した96年群と

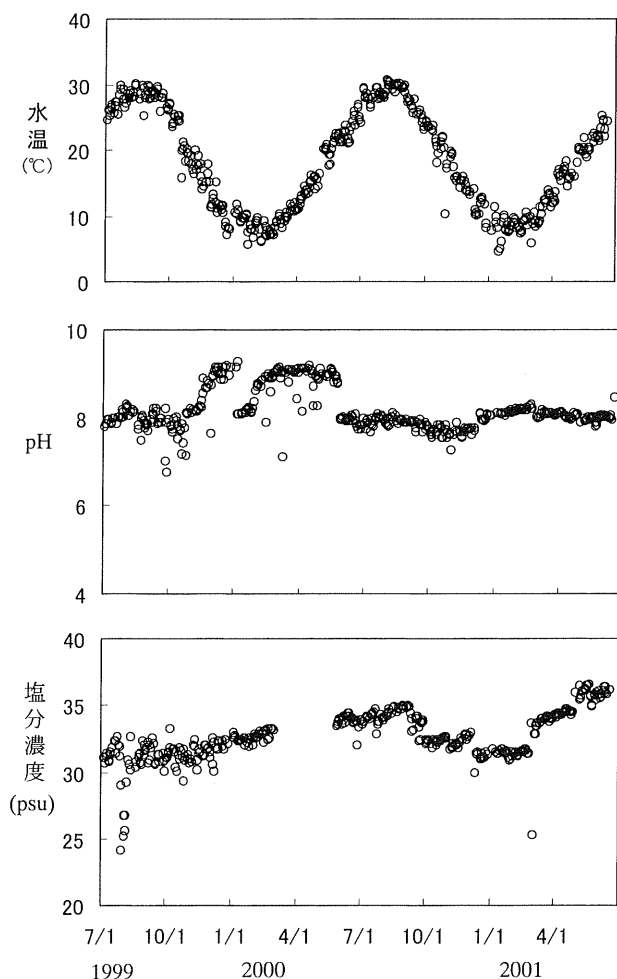


図2. クルマエビ養成期間中における素掘池の環境変化(1999年7月～2001年6月)

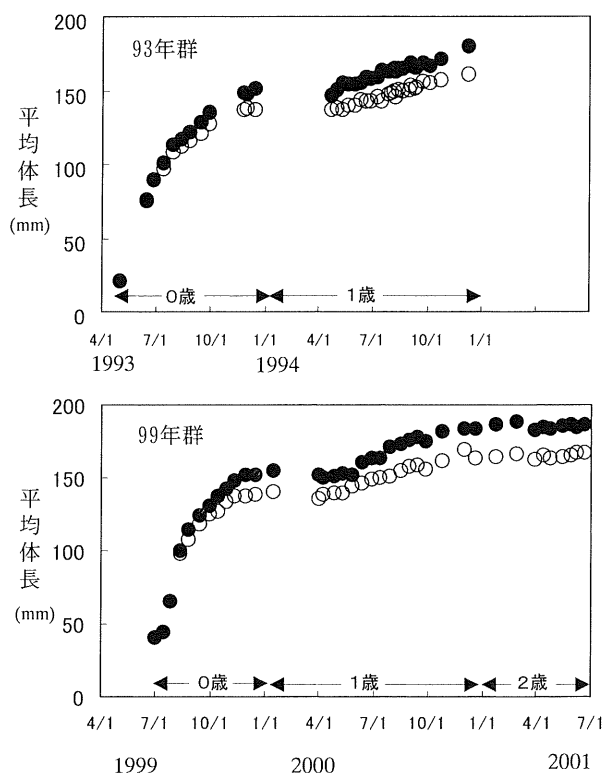
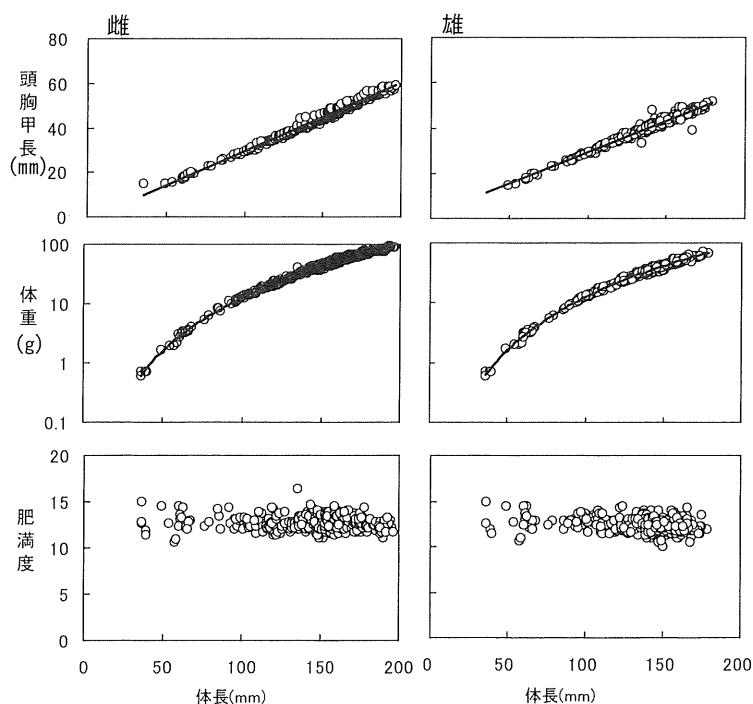


図3. 素掘池で養成したクルマエビの成長
●: 雌, ○: 雄.



雌: $CL = 0.30 \times BL - 0.81$ ($n = 535$, $R^2 = 0.987$), $BW = 2 \times 10^{-5} \times BL^{2.89}$ ($n = 535$, $R^2 = 0.994$).
 雄: $CL = 0.27 \times BL + 1.52$ ($n = 516$, $R^2 = 0.973$), $BW = 2 \times 10^{-5} \times BL^{2.88}$ ($n = 516$, $R^2 = 0.993$).
 CL: 頭胸甲長 (mm), BL: 体長 (mm), BW: 体重 (g).

図4. クルマエビ(99年群)の体長と頭胸甲長, 体重, および肥満度の関係

表2. 素掘池で養成した雌クルマエビの0歳時の成長式

試験群	成長式
93年群	$L_t = 160 \times (1 - e^{-0.011(t+12.2)})$ $n = 12$ $R^2 = 0.998$
94年群	$L_t = 161 \times (1 - e^{-0.008(t+26.1)})$ $n = 18$ $R^2 = 0.984$
95年群	$L_t = 185 \times (1 - e^{-0.009(t+16.2)})$ $n = 13$ $R^2 = 0.996$
96年群	$L_t = 229 \times (1 - e^{-0.009(t+15.9)})$ $n = 8$ $R^2 = 0.999$
97年群	$L_t = 123 \times (1 - e^{-0.045(t+7.4)})$ $n = 6$ $R^2 = 0.993$
99年群	$L_t = 162 \times (1 - e^{-0.016(t+12.9)})$ $n = 13$ $R^2 = 0.923$

t: 養成日数, L_t : t日目の体長 (mm)

99年群ではそれぞれ0.009, 0.016, および8月に収容した97群では0.044となり, 収容時期が遅い群ほど成長が良い傾向が示された。

成長と水温の関係を比較するために, 体長と養成開始時からの積算水温の関係を図5に示した。なお, 図では各群の収容時のサイズが異なるため, 体長50 mm以上について示した。これによると, 全ての群で体長と積算水温の間に指数関数式で示される相関が認められたが, 増加係数には群による差が見られた。そこで, 体長50 mmが100 mmに成長する間の積算水温と収容時期との関係を見ると(図6), 夏場の高水温により積算値が高くなった94年群を除くと, 各群の収容日と積算水温(各群とも4月1日を基点として計算)の関係には相関が見られ, 収容時期が遅い群ほど積算水温が低い傾向が認められた。

生 残 養成1年後における各群の生残率は7.7~27.4%の範囲であったが(表1), 生残率と収容日, 収容時の水温, および収容サイズとの間に関連性は認められ

なかった。なお, 生残尾数は, 排水して取り揚げた尾数と, 取り揚げ前約1カ月間のカゴ網による捕獲尾数の合計とした。

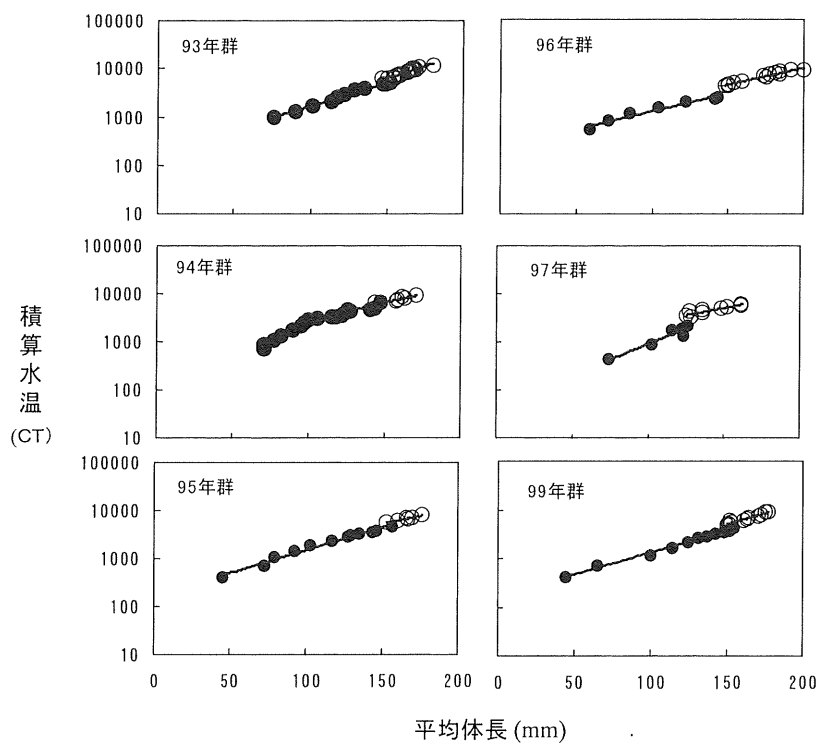
コドラート法で推定した99年群の生残尾数の変化を見ると(図7), 1歳の6月~12月までの生残尾数は5,000~6,800尾(平均5,900尾)であり減耗はほとんど認められなかったが, 水温が10℃以下に低下する12月から翌年3月にかけての減耗が著しく, 2歳の生残尾数は3,000尾以下となった。また, 養成期間を通して, アオサギやゴイサギなどの鳥類による食害も頻繁に観察された。

コドラート法による最終計数は2,100尾, それから40日後の取り揚げ法による計数は1,740尾であり, コドラート法による推定値は実数値に近似した。

給餌量 93~97年群, および99年群の生餌と配合飼料の給餌量を表1に示した。総給餌量に対する配合飼料の使用割合は, 39.1%(95年群)~57.0%(93年群)であった。

配合飼料のみで養成した99年群では, 2年間の養成で2,595 kgの配合飼料を用いた(表1)。年齢別の給餌期間と給餌量は, 0歳エビではそれぞれ7月2日~12月6日, 1,495 kg, 1歳エビでは4月12日~12月30日, 650 kg, および2歳エビでは3月22日~5月10日, 450 kgであった。

配合飼料の給餌量は, 0歳エビでは収容から10日目までは平均4 kg/日(1.5~5 kg/日), 単位面積当たり0.26~0.52 gを与えた。また, 収容尾数から推定した稚



●: 0歳エビ, ○: 1歳エビ.

93年群 $CT = 183e^{0.022L}$ ($n=11$, $R^2=0.991$), $CT = 178e^{0.023L}$ ($n=24$, $R^2=0.917$).

94年群 $CT = 169e^{0.025L}$ ($n=18$, $R^2=0.928$), $CT = 826e^{0.014L}$ ($n=8$, $R^2=0.842$).

95年群 $CT = 166e^{0.022L}$ ($n=12$, $R^2=0.979$), $CT = 549e^{0.015L}$ ($n=6$, $R^2=0.973$).

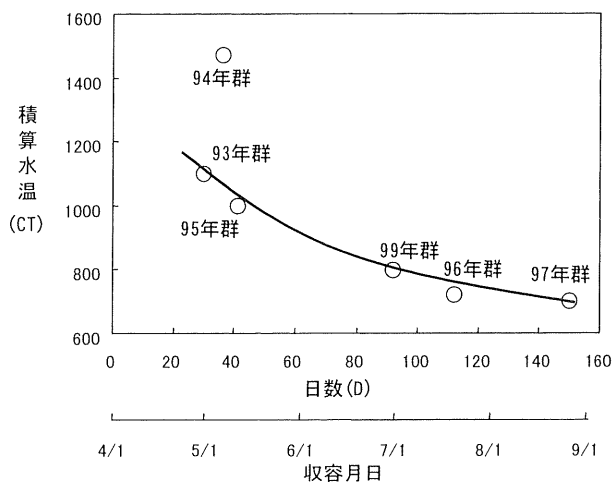
96年群 $CT = 230e^{0.017L}$ ($n=6$, $R^2=0.961$), $CT = 422e^{0.015L}$ ($n=13$, $R^2=0.954$).

97年群 $CT = 45e^{0.030L}$ ($n=6$, $R^2=0.917$), $CT = 635e^{0.014L}$ ($n=10$, $R^2=0.863$).

99年群 $CT = 171e^{0.020L}$ ($n=12$, $R^2=0.993$), $CT = 240e^{0.020L}$ ($n=12$, $R^2=0.945$).

L: 体長 (mm), CT: 積算水温 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$).

図5. クルマエビの体長と積算水温の関係

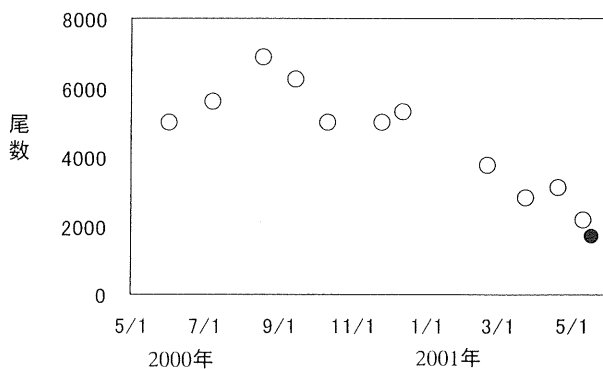


$$CT = 2882 \times D^{-0.282} \quad (R^2=0.976),$$

CT: 積算水温, D: 4月1日からの日数.

図6. 稚エビの収容時期と50 mm~100 mmの成長に要した積算水温の関係

エビ1尾当たりの給餌量は0.09~0.18 g, 給餌率(給餌量/体重 $\times 100$)は26%(10~32%)であった。養成11日目からは徐々に給餌量を増加させ、22日目以降は平均12.7 kg/日(10~15 kg/日), 単位面積あたり1.7 g(1.3~2.0 g)を与えた。



○: 推定尾数, ●: 取揚げ実数.

図7. コドラート法により推定したクルマエビ(99年群)の生残尾数

1歳エビの配合飼料投餌量は6~17 kg/日, 2歳エビでは5~17 kg/日を基準としたが, 給餌率は水温の変化に伴って適宜増減した。図7の推定生残尾数と給餌量から99年群の1~2歳の給餌率を求め, これと水温との関係(図8)を見ると, 給餌率は15 $^{\circ}\text{C}$ では2~3%であったが, 水温の上昇に伴い20~22 $^{\circ}\text{C}$ では5~6%まで増加した。なお, 25 $^{\circ}\text{C}$ 以上での給餌率は, 生残尾数推定の誤差のため計算上低下した。

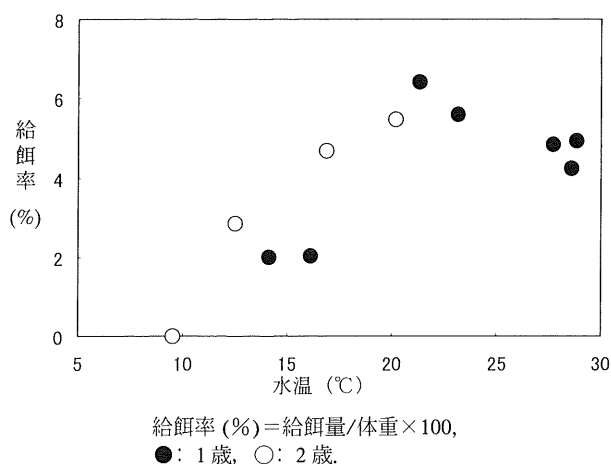


図8. 1歳および2歳エビへの配合飼料の給餌率と水温の関係

考 察

クルマエビの種苗生産には、1尾当りの採卵量が多い大型個体（愛知県一色産は70g、西日本産は100g）が使用されている⁶⁾。本試験では、2年間の養成を行い、より大型の個体を養成するとともに、1歳エビからの産卵の可能性も検討した。今回行った6例の養成試験のうち5例で、1歳エビは5月に体長152~160mm、体重38~53gとなり、成熟卵巣卵を持つ雌の最小型とされている130mm⁷⁾以上に達しており、産卵用親エビとして充分利用可能であった。

養成池でのクルマエビの成長を見ると、96年群では体重5gの稚エビが約2カ月で25gに達し、これは天然個体の成長⁸⁾（体重3~5gの稚エビが約2カ月で25~30g）と同程度であった。しかし、他の群では、このサイズに達するのに3~5カ月を要し、成長が遅れる傾向が認められた。

養成池内でのクルマエビの成長には、外気温に影響される水温が最も大きな作用要因であると考えられる。特に冬期の10℃以下の低水温は成長を3カ月間停滞させ、さらに急激に生残率を低下させる原因となった。冬期間の急激な減耗は、素掘池に底面を20cmほど埋設した小割網（4×4×2m、目合8mm）での生残試験でも確認され、3カ月間で51%が死亡した（未発表）。また、夏期の29℃以上の高水温も成長に悪影響を及ぼす⁹⁾ことが知られており、素掘池は必ずしもクルマエビの成長に良い環境であるとはいえない。このため、1歳の成熟個体を得るには、成長が停滞する0歳の12月までに成熟可能な大きさに成長させておくことが重要である。稚エビ（体長20~40mm）の収容時期は、7月までは収容時期が遅いほど初期の成長が速く、11~12月には体長140~150mmと成熟可能な大きさに達したが、8月末の収容では

12月で125mmに留まったことから、遅くとも7月までに収容を終える必要がある。

給餌基準については、生餌と配合飼料を併用した飼育例では、年度により餌の使用割合が異なり、また養成途中の生残状況を把握しなかったため明らかにすることができなかった。一方、生餌併用の飼育例と同程度の成長が得られた配合飼料の単独給餌では、摂餌状況を観察しながら与えた給餌率は養成水温と密接な関係が見られ、現在の基準では15℃では体重の2~3%、20℃以上では5~6%が適当な値と考えられた。ただし、養成初期においては、この給餌率では単位面積あたりの給餌量が少なく稚エビに充分に行き渡らないため、20~30%が適量と考えられる。また、冬期の無給餌期間の前には水温15℃以下の時期でも2~3%量を給餌し、越冬前に十分に摂餌させておくことも重要である。毎日の給餌量の決定には、養成池内の生残尾数を常に把握することが重要であるが、コドラート法による推定値が実数に近い値を示したことから、コドラート法は養成池における有効な計数方法であるといえる。

ベントスはクルマエビの成長や成熟に有効な餌料である^{10,11)}が、養成池内ではベントスが自然増殖しており、これらが補助的な餌となることで配合飼料の単独給餌による養成が可能であったと考えられる。しかし、養成池内に出現するベントスの種類と量は年度¹²⁾により、また季節¹³⁾により大きく変動することから、年度によって異なる成長差の原因となっている可能性も考えられる。今後は、ベントスの発生状況を把握すると共に、配合飼料の給餌を中心とした養成方法の基準作りを進める必要がある。

謝 辞

本論文を取りまとめるにあたり、有益なご助言を頂いた日本栽培漁業協会本部の古澤 徹常務理事に深謝します。また、試験にご協力いただいた百島事業場の職員の方々に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 藤田信一(1986)クルマエビ種苗生産に使用される親エビについて。栽培技研, 15, 19-25.
- 2) 松永 繁(1978)栽培漁業技術開発の歩み。瀬戸内海栽培漁業協会, 26-41.
- 3) 今 俊(1982)クルマエビ種苗生産に供する親エビの卵巣成熟状況について。栽培技研, 11, 15-19.
- 4) 虫明敬一・有元 操・佐藤 純・森 広一郎(1998)天然クルマエビ成体からのPRDVの検出。魚病研究, 33, 503-509.

*3 齊藤 肇(2001)粗放的クルマエビ養飼育池のマクロベントス群集。I. 水質とベントス群集の変動。第15回日本ベントス学会講演要旨集, 1426.

- 5) 日本栽培漁業協会 (1982) III-1 成体の確保と採卵. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 56 年度), pp. 7-58.
- 6) 水藤勝喜 (1995) 愛知県一色産クルマエビ種苗生産用親エビについて—I, 漁獲と供給の現状. 栽培技研, **24**, 9-17.
- 7) MINAGAWA, M., YASUMOTO, S., ARIYOSHI, T., UEMOTO, T., and UEDA, T. (2000) Interannual seasonal, local and body size variations in reproduction of the prawn *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in the Ariake Sea and Tachibana Bay, Japan. *Marine Biology*, **136**, 223-231.
- 8) 茂野邦彦 (1969) クルマエビの養殖技術に関する諸問題. 水産研究業書, **19**, pp. 1-96.
- 9) 門脇秀策 (1993) 透明度から見た養殖クルマエビの成長. 水産増殖, **41**, 61-65.
- 10) 八柳健郎・宇都宮 正 (1976) クルマエビ養殖池に出現する餌生物について. 栽培技研, **5**, 11-16.
- 11) NAESSENS, E., P. LAVENS, L. GOMEZ, C. L. BROWDY, K. MCGOVERN-HOPKINS, A. W. SPENCER, and D. KAWAHIGASHI (1997) Maturation performance of *Penaeus Vannamei* co-fed *Artemia* biomass preparations. *Aquaculture*, **155**, 87-101.
- 12) 足立純一 (2001) IV 資源添加技術開発の概要, 模擬放流. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 328-333.